

## SILICON WAFER MANUFACTURING METHOD, SILICON WAFER, AND SOI WAFER

Patent Number: JP2003068744  
Publication date: 2003-03-07  
Inventor(s): HAYAMIZU YOSHINORI  
Applicant(s): SHIN ETSU HANDOTAI CO LTD  
Requested Patent: JP2003068744  
Application Number: JP20010261382 20010830  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L21/322; H01L21/02; H01L27/12  
EC Classification:  
Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for manufacturing a high-resistivity CZ silicon wafer which can prevent deterioration of resistivity due to development of a oxygen donor and has a high gettering-effect, the high-resistivity CZ silicon wafer manufactured by its method, a SOI wafer used with the high-resistivity CZ wafer as a base wafer.

**SOLUTION:** The silicon wafer manufacturing method is characterized in that a silicon single-crystal bar, whose resistivity is 100  $\Omega \cdot \text{cm}$  or more and initial inter-lattice-oxygen concentration is 5 to 10 ppma, is grown by a Chokralski method, the single-crystal silicon bar is worked as a wafer, and the wafer is treated by quick heating and quick cooling.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-68744

(P2003-68744A)

(43) 公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル*(参考)
H 0 1 L	21/322	H 0 1 L	21/322
	21/02		21/02
	27/12		27/12

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2001-261382(P2001-261382)	(71) 出願人	000190149 信越半導体株式会社 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号
(22) 出願日	平成13年8月30日(2001.8.30)	(72) 発明者	速水 善範 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半 導体株式会社半導体磯部研究所内
		(74) 代理人	100102532 弁理士 好宮 幹夫

(54) 【発明の名称】 シリコンウエーハの製造方法及びシリコンウエーハ並びにSOIウエーハ

(57) 【要約】

【課題】 酸素ドナーの発生による抵抗率の低下を防ぎ、かつ高いゲッタリング効果を有する高抵抗率CZシリコンウエーハを製造する方法、およびその方法により製造された高抵抗率CZシリコンウエーハならびに、この高抵抗率CZウエーハをベースウエーハとして用いて得られるSOIウエーハを提供する。

【解決手段】 シリコンウエーハの製造方法において、チョクラルスキー法により、抵抗率が100Ω・cm以上で初期格子間酸素濃度が5~10ppmaのシリコン単結晶棒を育成し、該シリコン単結晶棒をウエーハに加工し、該ウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を行なうことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコンウエーハの製造方法において、  
チョクラスキー法により、抵抗率が $100\Omega\cdot\text{cm}$ 以上で初期格子間酸素濃度が $5\sim 10\text{ppma}$ のシリコン単結晶棒を育成し、該シリコン単結晶棒をウエーハに加工し、該ウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を行なうことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。

【請求項2】 前記請求項1の急速加熱・急速冷却熱処理されたウエーハをベースウエーハとして用い、これをボンドウエーハとなる他のシリコンウエーハと酸化膜を介して貼り合わせ、その後ボンドウエーハを薄膜化することを特徴とするSOIウエーハの製造方法。

【請求項3】 請求項1に記載の製造方法により製造されたシリコンウエーハ。

【請求項4】 請求項2に記載の製造方法により製造された貼り合わせSOIウエーハ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、チョクラスキー法によって製造されたシリコンウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を加えて、高抵抗率であってかつゲタリング能力を有するシリコンウエーハの製造方法及び該性質を有するシリコンウエーハ並びにSOIウエーハに関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、高耐圧パワーデバイスやサイリスタ等のパワーデバイス用に高抵抗率のフローティングゾーン法(FZ法)により製造されたシリコンウエーハが使用されてきた。また、近年、半導体デバイスの性能向上とコストの低減のため、大口径のシリコンウエーハが求められ、これに伴って大口径シリコン単結晶の育成が要求されている。

【0003】しかしながら、FZ法では直径 $200\text{mm}$ 以上のシリコンウエーハを製造することは困難とされている。これに対し、チョクラスキー法(CZ法)は、直径 $200\text{mm}$ 、また $300\text{mm}$ のシリコンウエーハを作製することができ、今後直径 $400\text{mm}$ あるいはそれ以上のウエーハについても十分に作製可能と考えられている。

【0004】さらに、特に近年、移動体通信用の半導体デバイスや、最先端のC-MOSデバイスでは寄生容量の低減が必要とされている。信号の伝送ロスやショットキーバリアダイオードにおける寄生容量は、高抵抗率の基板を用いることによって効果的に低減できることが報告されており、そのため、大口径で高抵抗率のシリコンウエーハをCZ法で作製することが望まれている。

【0005】また、前記半導体デバイスを更に高性能にするために、いわゆるSOI(Silicon On Insulator)ウエーハが用いられることもある。このSOIウエーハの代表的な製造方法として、ウエー

ハ貼り合わせ法がある。この方法は、デバイス形成層となるボンドウエーハと支持基板となるベースウエーハとを酸化膜を介して密着させ、熱処理を加えて両者を強固に結合し、その後ボンドウエーハを薄膜化してSOI層を有する貼り合わせSOIウエーハを製造するものである。

【0006】このような方法で製造された貼り合わせSOIウエーハを用いて半導体デバイスを製造する場合においても、前述したウエーハの大口径化や信号の伝送ロス等の問題を解決するためには、CZ法で高抵抗率のウエーハをベースウエーハとして用いることが望まれている。

【0007】しかし、CZ法では、シリコン単結晶を育成する際、石英製のルツボを使用していることからシリコン結晶中に酸素(格子間酸素)が少なからず混入する。このような酸素原子は通常単独では電氣的に中性であるが、 $350\sim 500^\circ\text{C}$ 程度の低温熱処理が施されると複数の原子が集まって電子を放出して電氣的に活性な酸素ドナーとなる。そのため、CZ法により得られたウエーハに、デバイス工程等で $350\sim 500^\circ\text{C}$ 程度の熱処理が施されると、この酸素ドナーの形成により高抵抗率CZウエーハの抵抗率が低下してしまうという問題がある。

【0008】このような酸素ドナーによる抵抗率の低下を防ぎ、CZ法を用いて高抵抗率のシリコンウエーハを得る方法の一つとして、結晶育成時に格子間酸素濃度を低くしたシリコン単結晶を製造する方法が開示されている。例えば、特公平8-10695号公報には、CZ法で高抵抗率のウエーハを製造する方法として、磁場印加CZ法(MCZ法)により格子間酸素濃度の低いシリコン単結晶を製造し、 $1000\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗率のシリコン単結晶を製造できることが記載されている。また、特開平5-58788号公報には、合成石英ルツボを用いてMCZ法を行うことにより、 $10000\Omega\cdot\text{cm}$ 以上の高抵抗率を有するシリコン単結晶を製造できることが開示されている。

【0009】また、CZ法によって高抵抗率のウエーハを製造する別の方法として、酸素ドナーが形成される現象を逆に利用することによって、シリコンウエーハを製造する方法も提案されている。すなわち、低不純物濃度で低酸素濃度のP型シリコンウエーハに $400\sim 500^\circ\text{C}$ の熱処理を行って酸素ドナーを発生させ、この発生した酸素ドナーによりP型シリコンウエーハ中のP型不純物を打ち消してウエーハの電気伝導型をN型化することによって、高抵抗率N型シリコンウエーハを製造することができる(特公平8-10695号公報)。

【0010】CZ法により高抵抗率のウエーハを製造するさらに別の方法として、CZ法により抵抗率が $100\Omega\cdot\text{cm}$ 以上で初期格子間酸素濃度が $10\sim 25\text{ppma}$ であるシリコン単結晶棒を育成して、該シリコン単結

晶棒をウエーハに加工し、その後、該ウエーハに酸素析出熱処理を行なって格子間酸素を析出させることにより、ウエーハ中の残留格子間酸素濃度を8ppm以下としてシリコンウエーハを製造する方法も提案されている(国際公開公報W000/55397)。

【0011】しかし、上記のようにMCZ法等により格子間酸素濃度が低いシリコン単結晶を育成してウエーハを作製した場合、デバイス製造工程での熱処理においてウエーハバルク中に発生する内部欠陥密度が低く、十分なゲッタリング効果が得られにくいという欠点がある。高集積度のデバイスでは、ある程度の酸素析出によるゲッタリング効果の付与は必須である。

【0012】また、熱処理により酸素ドナーを発生させ、ウエーハ中のP型不純物を打ち消してN型化することにより高抵抗率のシリコンウエーハを得る方法も、格子間酸素濃度を高くするとウエーハ抵抗率制御が難しいために、シリコンウエーハの初期格子間酸素濃度は低いものにせざるを得ず、ウエーハのゲッタリング効果は低いものになってしまう欠点がある。また、初期の抵抗率(不純物の濃度、種類)や熱処理時間を正確に制御しなければならず、また長時間の熱処理が必要となるため、作業が煩雑となる。さらに、この方法では高抵抗率のP型シリコンウエーハを得ることはできず、また得られたウエーハも、その後の熱処理によってはその抵抗率が変動してしまう問題がある。

【0013】また、上記のような初期格子間酸素濃度の低いウエーハは、スリップ転位が発生しやすいという欠点もある。スリップ転位とは、熱処理工程中の熱応力により結晶がすべり変形することによりウエーハ表面に段差を生ずる欠陥であり、このようなスリップ転位がウエーハ表面に発生すると、ウエーハの機械的強度が低下するだけでなく、接合リーク等、デバイス特性に悪影響を及ぼすため極力低減することが望ましい。

【0014】一方、酸素濃度が比較的高いシリコンウエーハを作製し、該ウエーハに酸素析出熱処理を加えてウエーハ中の残留格子間酸素濃度を8ppm以下にする方法では、酸素析出のために少なくとも1000℃、16時間程度の長時間の熱処理を行うことが必要となるため高コストとなる。また、酸素析出処理により酸素析出過多となり、デバイス製造工程中にウエーハが反り過ぎてチャッキング出来ない等の不具合が生じる可能性がある。

【0015】以上のように、従来の技術では、CZ法によって製造されたシリコンウエーハ(本発明ではCZシリコンウエーハまたは単にCZウエーハという場合がある)にデバイス製造工程、例えば酸化膜形成、不純物拡散、配線工程における熱処理を加えるとウエーハの抵抗率が低下する問題があり、また高抵抗率を維持するためにウエーハの格子間酸素濃度を低くすると、ゲッタリング効果の低下、またデバイス製造工程中にウエーハが反

り過ぎる等の問題があった。

【0016】すなわち、従来の技術では、CZ法によって製造されたシリコンウエーハに熱処理を加えても、酸素ドナーの発生による抵抗率低下の問題がなく、且つゲッタリング効果も高い高抵抗率CZウエーハを効率的に得る方法はなく、これらの要求を満たす製造方法の開発が望まれていた。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】本発明はこのような問題点に鑑みて為されたもので、酸素ドナーの発生による抵抗率の低下を防ぎ、かつ高いゲッタリング効果を有する高抵抗率CZシリコンウエーハを製造する方法、およびその方法により製造された高抵抗率CZシリコンウエーハならびに、この高抵抗率CZウエーハをベースウエーハとして用いて得られるSOIウエーハを提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、シリコンウエーハの製造方法において、チョクラルスキー法により、抵抗率が100Ω・cm以上で初期格子間酸素濃度が5~10ppmのシリコン単結晶棒を育成し、該シリコン単結晶棒をウエーハに加工し、該ウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を行なうことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法が提供される(請求項1)。

【0019】このように、チョクラルスキー法により、100Ω・cm以上の高抵抗率であって、初期格子間酸素濃度が5~10ppm(JEIDA(日本電子工業振興協会)による換算係数を使用した値:尚、JEIDAは、現在JETA(日本電子情報技術産業協会)に改名された)の低酸素濃度のシリコンウエーハを作製することにより、熱処理による電気的に活性な酸素ドナーの形成を防止でき、ウエーハの抵抗率の低下を防ぐことができる。さらに、作製された高抵抗率で低酸素濃度のCZウエーハに対して急速加熱・急速冷却熱処理を行なうことによって、シリコンウエーハ中に原子空孔が注入される。そのため、その後のデバイス製造工程における熱処理によって容易に酸素析出密度が高められ、それによって、ゲッタリング効果を高めることができ、また同時にスリップ転位の発生を抑制する効果も期待できる。さらに、本発明ではCZ法によりシリコンウエーハを作製するため、直径200mm以上の大口径のウエーハを容易に製造することができる。

【0020】さらに、本発明によれば、前記急速加熱・急速冷却熱処理されたウエーハをベースウエーハとして用い、これをボンドウエーハとなる他のシリコンウエーハと酸化膜を介して貼り合わせ、その後ボンドウエーハを薄膜化することを特徴とするSOIウエーハの製造方法が提供される(請求項2)。

【0021】このように、前記急速加熱・急速冷却熱処

理されたウエーハをベースウエーハとして用いることによって、大口径、高抵抗率で且つ十分なゲッタリング効果を有するSOIウエーハを高生産性で製造することができる。

【0022】そして、本発明によれば、前記シリコンウエーハの製造方法によって製造されたシリコンウエーハが提供される（請求項3）。このように本発明により製造されたシリコンウエーハは、電氣的に活性な酸素ドナーとなる格子間酸素が少なく、またデバイス製造工程で酸素析出物密度が容易に高くなるため、高抵抗率と十分

なゲッタリング効果を併せ持つシリコンウエーハとすることができる。さらに、本発明によって製造されるシリコンウエーハは、酸素析出物が形成されているため、スリップ耐性が向上することが期待される。さらに、酸素析出物が必要以上に析出することもないので、ウエーハが反り過ぎて、デバイス工程中に不具合が生じることもない。

【0023】さらに、本発明によれば、前記SOIウエーハの製造方法によって製造された貼り合わせSOIウエーハが提供される（請求項4）。このように、本発明により製造された貼り合わせSOIウエーハは、デバイス製造熱処理を行なった後も高抵抗率が維持されたベースウエーハを有する大口径のSOIウエーハとすることができる。このようなSOIウエーハは、信号の伝送ロス等を低減できるため、特に高周波デバイスとして有益に用いることができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。従来、高抵抗率のシリコンウエーハをCZ法により製造するには、シリコン単結晶育成時に格子間酸素濃度を低濃度にしてシリコン単結晶を作製する方法が用いられていたため、この低酸素濃度のシリコン単結晶から得られた高抵抗率のCZシリコンウエーハは、酸素析出密度が低くゲッタリング効果が低いものとなっていた。

【0025】また、高抵抗率のCZシリコンウエーハを製造するもう一つの方法として、高酸素濃度結晶を用いたシリコンウエーハに酸素析出処理を施して、残存格子\*

\*間酸素濃度を8ppma以下に減らすことによって、高抵抗率で高い酸素析出密度を有するCZシリコンウエーハを製造する方法がある。しかしながら、この方法は、長時間の酸素析出熱処理を必要とするため高コストとなり、さらに酸素析出過多となりデバイス製造工程中にウエーハが反り過ぎて、チャッキング出来ない等の不具合が生じる可能性があった。

【0026】そこで、本発明者は、高抵抗率で、初期格子間酸素濃度の低いCZウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を行うことによって、高抵抗率で、かつ高いゲッタリング効果を有するシリコンウエーハを高生産性で製造することができることを見出した。

【0027】本発明者は、まず、急速加熱・急速冷却熱処理+デバイス製造熱処理を施した際の内部欠陥密度と、そのシリコンウエーハの初期格子間酸素濃度との関係について明らかにするために、以下の実験・調査を行った。

【0028】高抵抗率のCZウエーハとして、初期格子間酸素濃度が3~10ppmaであって抵抗率が100Ω・cm以上のシリコンウエーハを用意し、その後急速加熱・急速冷却熱処理を行なった。その際、熱処理雰囲気は窒素100%とし、また1200℃/30秒の急速加熱を行なった後、冷却速度を33℃/秒と設定して急速冷却を行った。次に、デバイス製造熱処理を模擬するため、800℃/4時間+1000℃/16時間の熱処理を施し、内部欠陥密度を計測した。内部欠陥密度は、角度研磨後日本工業規格（JIS H0609:1999）に規定された選択エッチング法によるシリコンの結晶欠陥の試験方法に基づき、六価クロムを含まない選択エッチング液によりエッチングして、光学顕微鏡により観察した。

【0029】表1は、上記実験の結果を示したものである。内部欠陥密度は深さ方向に分布を持っていたので、内部欠陥密度の最大値とウエーハ表面から深さ300μmの位置における内部欠陥密度を示した。

【0030】

【表1】

初期格子間酸素濃度	内部欠陥密度の最大値	深さ300μmにおける内部欠陥密度
9.8ppma	$7 \times 10^9 / \text{cm}^3$	$2 \times 10^8 / \text{cm}^3$
8.5ppma	$1 \times 10^9 / \text{cm}^3$	$1 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 以下
3.2ppma	$1 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 以下	$1 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 以下

【0031】表1が示すように、8.5ppmaの低い初期格子間酸素濃度のウエーハであっても、十分な密度の内部欠陥が観察され、ゲッタリング能力を有することが期待される。つまり、シリコン単結晶育成時には10ppma以下と低い初期格子間酸素濃度の単結晶から作製されたウエーハであっても、その後に急速加熱・急速

冷却熱処理を施すことにより、原子空孔が注入され、その後デバイス製造熱処理工程において酸素析出物を形成・成長させることができる。したがって、高抵抗率で十分なゲッタリング効果を有するシリコンウエーハを得ることができる。

【0032】尚、初期格子間酸素濃度の下限値に関して

は、典型的なデバイス製造工程における高温部分の温度である1000℃において、シリコン中での格子間酸素の固溶度が4~5ppmaであることから、5ppma以上でなければ酸素析出物の形成は望めない。

【0033】初期格子間酸素濃度の上限値については、下記のように検討した。図1は、本発明者が格子間酸素濃度をパラメータとし、450℃における熱処理時間と抵抗率の関係を調べたものである。この図1から分かるように、450℃での熱処理時間に伴い、酸素ドナーが形成されるため、抵抗率は低下していく。この抵抗率の低下は、格子間酸素濃度が高くなるほど顕著となる。実際のデバイス製造における450℃付近での熱処理時間は、各デバイスに依存するが、熱処理時間を1時間とした場合は、抵抗率を100Ω・cm以上に保つために、大きくとも格子間酸素濃度は10ppma以下である必要がある。

【0034】以上のように、急速加熱・急速冷却熱処理が施されるシリコンウエーハでは、初期格子間酸素濃度を5~10ppmaとするのが好適である。

【0035】本発明者は、以上の実験・調査で得られた知見を踏まえた上で、鋭意検討を重ね、本発明を完成するに至った。すなわち、シリコンウエーハの製造方法において、チョクラルスキー法により、抵抗率が100Ω・cm以上で初期格子間酸素濃度が5~10ppmaのシリコン単結晶棒を育成し、該シリコン単結晶棒をウエーハに加工することによって、高抵抗率で低酸素濃度のシリコンウエーハを作製することができ、熱処理によって形成される酸素ドナーを防止できる。さらに、得られた低酸素濃度のウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を施すことによって、その後のデバイス製造工程中に酸素析出物を形成することができる。したがって、本発明によれば、高抵抗率であり、デバイス製造工程における熱処理でも抵抗率が低下することなく、またその熱処理により酸素析出物が形成されるため高いゲッターリング効果を有するシリコンウエーハを製造することができる。また、酸素析出物の成長によりスリップ耐性が向上するため、デバイス工程の適用範囲が広がり、非常に有益である。さらに、酸素析出処理を施すこともないため、コストの増加を抑えることができ、また酸素析出過多によるウエーハの反りが発生することもない。

【0036】また、このようにして得られたシリコンウエーハをベースウエーハとして用いることによって、大口径で高抵抗率を有するSOIウエーハを製造することができる。このとき、SOIウエーハの製造方法は、ベースウエーハとして本発明のシリコンウエーハを用いること以外は、従来用いられている方法と同様の方法を用いれば良く、特に限定されるものではない。例えば、貼り合わせ法によって、デバイス形成層となるボンドウエーハと支持基板となる本発明のシリコンウエーハとを酸化膜を介して密着させ、熱処理を加えて両者を強固に結

合し、その後ボンドウエーハを薄膜化することによって、大口径で高抵抗率を有するSOIウエーハを製造することができる。さらに、ボンドウエーハに水素イオン等を注入した後に剥離してボンドウエーハを薄膜化する、いわゆるイオン注入剥離法を用いてもよい。

【0037】このように製造された貼り合わせSOIウエーハは、デバイス製造熱処理を行なった後でもベースウエーハの高抵抗率が維持されるため、信号の伝送ロス等を低減することができる。そのため、特に高周波デバイスとして有益に用いることができる。また、直径200mm以上の大口径化が比較的容易であり、さらにベースウエーハ中に適度な酸素析出物を有するため、熱処理に対するウエーハの機械的強度が強く、かつ重金属等の汚染物をゲッターリングする効果も有する。

【0038】以下、本発明のさらに具体的な実施の形態について説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。まず、公知のCZ法あるいは融液に磁場を印加してシリコン融液の対流を制御して単結晶を引き上げる公知のMCZ法により100Ω・cm以上の所望の抵抗率を有し、格子間酸素濃度が5~10ppmaとなるシリコン単結晶棒を引き上げる。これらの引き上げ方法は、石英ルツボに収容された多結晶シリコン原料の融液に種結晶を接触させ、これを回転させながらゆっくりと引き上げて所望直径の単結晶棒を育成する方法であるが、初期格子間酸素濃度を所望の値にするためには、従来から慣用されている方法によれば良い。例えば、ルツボの回転数、導入ガス流量、雰囲気圧力、シリコン融液の温度分布および対流、あるいは印加する磁場強度等のパラメータを適宜に調整することで所望の5~10ppmaの酸素濃度の結晶を得ることができる。

【0039】こうして得られた低酸素濃度のCZシリコン単結晶棒を通常の方法に従い、ワイヤーソーあるいは内周刃スライサー等の切断装置でスライスした後、面取り、ラッピング、エッチング、研磨等の工程を経てCZシリコン単結晶ウエーハに加工する。もちろんこれらの工程は、例示列举したにとどまり、この他にも洗浄、熱処理等種々の工程が有り得るし、工程順の変更、一部省略等目的に応じ適宜工程は変更して使用される。

【0040】次に、このCZシリコン単結晶ウエーハに対して、急速加熱・急速冷却熱処理を施す。ここで、急速加熱・急速冷却熱処理の条件は熱処理されるウエーハの初期格子間酸素濃度や、デバイス製造熱処理工程に依存するので必ずしも特定できないが、これら初期格子間酸素濃度やデバイス製造熱処理条件に合わせて実験的に設定すればよい。例えば、本発明の場合、急速加熱・急速冷却熱処理として熱処理雰囲気を窒素100%とし、また1200℃/30秒の急速加熱を行なった後、冷却速度を33℃/秒と設定して急速冷却を行っているが、これはあくまでも一例に過ぎず、これに限定されるものではない。

【0041】また、急速加熱・急速冷却熱処理は、必ずしもウエーハの研磨後に行われるとは限らず、例えばエッチング後でも良く、適宜工程は変更して使用できる。本発明の急速加熱・急速冷却熱処理に用いられるRTA装置としては、熱放射によるランプ加熱器のような装置を挙げることができる。市販されているものとして、例えばシュティアック マイクロテック インターナショナル社製、SHS-2800のような装置を挙げることができ、これらは特別複雑なものではなく、高価なものでもない。使用条件としては、少なくとも1250℃で10秒使用できることが望ましく、雰囲気ガスは、 $N_2$ 、 $Ar$ 、 $H_2$ 、 $NH_3$ 等の単独ガスあるいは混合ガスとして用いることができる。最高温度から1000℃程度までの冷却速度としては、少なくとも10℃/秒以上を設定できることが望ましい。

【0042】

【実施例】以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

（実施例）CZ法により、方位<100>、直径200mm、導電型P型であって、抵抗率が100Ω・cm以上で、初期格子間酸素濃度8.5ppma（JEIDA）のシリコン単結晶棒を引き上げ、スライスしてウエーハに加工した。その後急速加熱・急速冷却熱処理を行なった。その際、熱処理雰囲気を窒素100%とし、また1200℃/30秒の急速加熱を行なった後、冷却速度を33℃/秒と設定して急速冷却を行った。

【0043】急速加熱・急速冷却熱処理後、ウエーハに対してデバイス製造熱処理を模擬するため、800℃/4時間+1000℃/16時間の熱処理を施し、内部欠陥密度を観察した。内部欠陥密度は、角度研磨後日本工業規格（JIS H0609:1999）に規定された選択エッチング法によるシリコンの結晶欠陥の試験方法に基づき、六価クロムを含まない選択エッチング液によりエッチングして光学顕微鏡により観察した。

【0044】（比較例）試料として、実施例と同様のシリコン単結晶棒を作製し、スライスしてウエーハに加工した。得られたウエーハに、酸素析出核形成熱処理として、熱処理雰囲気が窒素100%で、500℃/100

時間の低温熱処理を施した。その後、ウエーハに対してデバイス製造熱処理を模擬するため、800℃/4時間+1000℃/16時間の熱処理を施し、内部欠陥密度を観察した。内部欠陥密度は、実施例と同様の条件で光学顕微鏡により観察した。

【0045】実施例及び比較例によって得られたシリコンウエーハの内部欠陥密度を観察した結果、急速加熱・急速冷却熱処理を施した実施例のウエーハでは、最大 $1 \times 10^9 / \text{cm}^3$ 程度の内部欠陥が観察された。一方、低温熱処理を施した比較例のウエーハでは、内部欠陥密度は $1 \times 10^7 / \text{cm}^3$ 以下であった。このように、急速加熱・急速冷却熱処理を施すことにより、従来の抵抗加熱炉では極めて困難であった低酸素濃度のシリコンウエーハにおいても、デバイス工程で十分なゲッターリング能力を有する密度の酸素析出物を形成することが可能となった。

【0046】なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単なる例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように、本発明よれば、抵抗率が100Ω・cm以上で且つ初期格子間酸素濃度が5~10ppmaのCZシリコンウエーハに急速加熱・急速冷却熱処理を施すことにより、デバイス製造工程中の熱処理で酸素析出物を形成でき、ゲッターリング効果を有するとともに、酸素ドナーの発生による抵抗率低下の影響がほとんどない高抵抗率CZシリコンウエーハとすることができる。また、得られたシリコンウエーハはそのまま使用するのみならず、貼り合わせSOIウエーハのベースウエーハとして利用することもでき、それによって、大口径化が容易で、かつ信号の伝送ロス等の少ないウエーハを高生産性で得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】450℃におけるシリコンウエーハと熱処理時間の関係について示したグラフである。

【図1】

